

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :<br><b>H03K 19/177, G06F 17/50</b>  |  | A1  | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/31102</b> |
|  |  | (43) Internationales<br>Veröffentlichungsdatum:   | 16. Juli 1998 (16.07.98)  |
| (21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/DE97/02999</b>   |  | (81) Bestimmungsstaaten: JP, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  |   |
| (22) Internationales Anmeldedatum: <b>22. Dezember 1997 (22.12.97)</b>   |  | Veröffentlicht<br><i>Mit internationalem Recherchenbericht.<br/>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i> |   |
| (30) Prioritätsdaten:<br>196 54 593.5      20. Dezember 1996 (20.12.96)      DE  |  |   |   |
| (71) Anmelder: PACT INFORMATIONSTECHNOLOGIE GMBH [DE/DE]; Thelemannstrasse 15, D-81545 München (DE).                               |  |   |   |
| (72) Erfinder: VORBACH, Martin; Hagebuttenweg 36, D-76149 Karlsruhe (DE). MÜNCH, Robert; Hagebuttenweg 36, D-76149 Karlsruhe (DE). |  |   |   |
| (74) Anwalt: ZAHN, Roland; Im Speitel 102, D-76229 Karlsruhe (DE).   |  |   |   |

(54) Title: RECONFIGURATION METHOD FOR PROGRAMMABLE COMPONENTS DURING RUNNING TIME

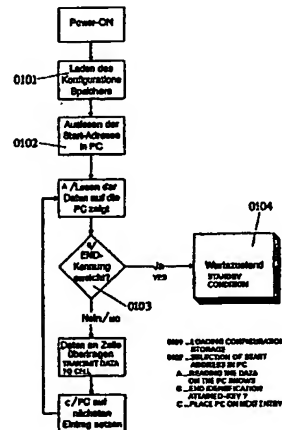
(54) Bezeichnung: UMKONFIGURIERUNGS-VERFAHREN FÜR PROGRAMMIERBARE BAUSTEINE ZUR LAUFZEIT

(57) Abstract

The invention relates to a method for reconfiguration during the running time of FPGA, in which there is a loading logic or several loading logics which react to signals of any kind and recognize and can process special loading logic commands within a configuration programme consisting of data and commands, and, on the basis of the source of an event, can compute an entry in a branch table. For this, there are one or more branch tables for locating the address of the configuration data to be loaded after computing. One or more configuration memory areas exist, in which one or more configuration programmes are loaded; and there are one or more FIFO memory areas into which configuration data is copied which could not be sent to the element or elements to be configured. When an event occurs, an address is computed in a branch table, based on the source of the event. FIFO memory area is provided and run through before each reloading, and, if the cell can not be reloaded, the configuration data is copied into it nearer the beginning; if the cell can be reloaded, the configuration data is transferred to the cell. The computed branch table entry is read-out, and the configuration data which is stored at the read-out address is loaded into the cell, or, if the cell cannot be reprogrammed, it is copied into the FIFO memory area.

(57) Zusammenfassung

In Verbindung mit einem Verfahren zum Umkonfigurieren zur Laufzeit von FPGA ist vorgesehen, dass eine Ladelogik oder mehrere Ladelogiken existieren, welche auf Signale, gleich welcher Art, reagieren und spezielle Ladelogik Befehle, innerhalb eines Konfigurationsprogramms, bestehend aus Daten und Befehlen, erkennen und verarbeiten können, sowie auf Grund der Quelle eines Ereignisses einen Eintrag in einer Sprung-Tabelle berechnen können. Dabei existieren eine oder mehrere Sprung-Tabellen zum Auffinden der Adresse der zu ladenden Konfigurationsdaten, welche berechnet wurde. Ein oder mehrere Konfigurations-Speicherbereiche existieren, in denen ein oder mehrere Konfigurationsprogramme geladen werden, und es existieren ein oder mehrere FIFO-Speicherbereiche, in die Konfigurationsdaten kopiert werden, welche nicht an die oder das zu konfigurierende Element gesandt werden konnte. Trifft ein Ereignis ein, so wird auf Grund der Quelle des Ereignisses eine Adresse in einer Sprung-Tabelle berechnet. Es ist ein FIFO-Speicherbereich vorgesehen, der vor jedem Umladen durchlaufen wird, und falls die Zelle nicht umgeladen werden kann, in den die Konfigurationsdaten näher an den Anfang kopiert werden; falls die Zelle umgeladen werden kann, werden die Konfigurationsdaten an die Zelle übertragen. Der berechnete Sprung-Tabellen-Eintrag wird ausgelesen und die Konfigurationsdaten, welche an der ausgelesenen Adresse gespeichert sind, werden in die Zelle geladen, oder, falls die Zelle nicht umprogrammiert werden kann, in den FIFO-Speicherbereich kopiert.



# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                              |    |                                      |    |  |    |                                   |
|----|------------------------------|----|--------------------------------------|----|--|----|-----------------------------------|
| AL | Albanien                     | ES | Spanien                              | LS | Lesotho  | SI | Slowenien                         |
| AM | Armenien                     | FI | Finnland                             | LT | Litauen  | SK | Slowakei                          |
| AT | Österreich                   | FR | Frankreich                           | LU | Luxemburg  | SN | Senegal                           |
| AU | Australien                   | GA | Gabun                                | LV | Lettland   | SZ | Swasiland                         |
| AZ | Aserbaidshan                 | GB | Vereinigtes Königreich               | MC | Monaco   | TD | Tschad                            |
| BA | Bosnien-Herzegowina          | GE | Georgien                             | MD | Republik Moldau                                    | TG | Togo                              |
| BB | Barbados                     | GH | Ghana                                | MG | Madagaskar   | TJ | Tadschikistan                     |
| BE | Belgien                      | GN | Guinea                               | MK | Die ehemalige jugoslawische<br>Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan                      |
| BF | Burkina Faso                 | GR | Griechenland                         | ML | Mali   | TR | Türkei                            |
| BG | Bulgarien                    | HU | Ungarn                               | MN | Mongolei   | TT | Trinidad und Tobago               |
| BJ | Benin                        | IE | Irland                               | MR | Mauritanien  | UA | Ukraine                           |
| BR | Brasilien                    | IL | Israel                               | MW | Malawi   | UG | Uganda                            |
| BY | Belarus                      | IS | Island                               | MX | Mexiko   | US | Vereinigte Staaten von<br>Amerika |
| CA | Kanada                       | IT | Italien                              | NE | Niger  | UZ | Usbekistan                        |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan                                | NL | Niederlande  | VN | Vietnam                           |
| CG | Kongo                        | KE | Kenia                                | NO | Norwegen   | YU | Jugoslawien                       |
| CH | Schweiz                      | KG | Kirgisistan                          | NZ | Neuseeland   | ZW | Zimbabwe                          |
| CI | Côte d'Ivoire                | KP | Demokratische Volksrepublik<br>Korea | PL | Polen  |    |                                   |
| CM | Kamerun                      | KR | Republik Korea                       | PT | Portugal   |    |                                   |
| CN | China                        | KZ | Kasachstan                           | RO | Rumänien   |    |                                   |
| CU | Kuba                         | LC | St. Lucia                            | RU | Russische Föderation                               |    |                                   |
| CZ | Tschechische Republik        | LI | Liechtenstein                        | SD | Sudan  |    |                                   |
| DE | Deutschland                  | LK | Sri Lanka                            | SE | Schweden   |    |                                   |
| DK | Dänemark                     | LR | Liberia                              | SG | Singapur   |    |                                   |
| EE | Estland                      |    |                                      |    |  |    |                                   |

## Umkonfigurierungs-Verfahren für programmierbare Bausteine zur Laufzeit

### Hintergrund der Erfindung

#### Stand der Technik

Programmierbare Bausteine mit zwei oder mehrdimensionaler Zellanordnung (insbesondere FPGAs, DPGAs und DFPs o.ä.) werden heutzutage auf zwei verschiedene Arten programmiert.

1. Einmalig, das heißt die Konfiguration kann nach der Programmierung nicht mehr geändert werden. Alle Konfigurierten Elemente des Bausteins führen also die gleiche Funktion, über den gesamten Zeitraum durch, in dem die Anwendung abläuft.
2. Im Betrieb, das heißt die Konfiguration kann nach Einbau des Bausteins, durch daß Laden einer Konfigurationsdatei, zum Startbeginn der Anwendung, geändert werden. Die meisten Bausteine (insbesondere die FPGA Bausteine), lassen sich während des Betriebes nicht wieder umkonfigurieren. Bei umkonfigurierbaren Bausteinen, ist eine Weiterverarbeitung von Daten während des Umkonfigurierens meistens nicht möglich und die benötigte Umkonfigurierungszeit erheblich zu groß.

Neben den FPGAs, gibt es noch die sogenannten DPGAs. Diese Bausteine speichern eine kleine Anzahl an verschiedenen Konfigurationen, welche durch ein spezielles Datenpaket ausgewählt werden. Eine Umkonfigurierung dieser Speicher während der Laufzeit ist nicht möglich.

### Probleme

Große Probleme bereitet die Umkonfigurierung von gesamten programmierbaren Bausteinen oder Teilen davon während der

Laufzeit und dabei besonders die Synchronisation. Alle bisherigen Lösungen halten die Verarbeitung des kompletten Bausteins, während der Umkonfigurierung, an. Ein weiteres Problem ist die Selektion der neu zu ladenden Teilkonfiguration und das Integrieren dieser Teilkonfiguration in die bereits Bestehende Konfiguration.

#### Verbesserung durch die Erfindung

Durch das in der Erfindung beschriebene Verfahren ist es möglich einen, zur Laufzeit, umkonfigurierbaren Baustein, effizient und ohne Beeinflussung der nicht an der Umkonfigurierung beteiligten Bereiche, umzuladen. Weiterhin ermöglicht das Verfahren das Selektieren von Konfigurationen in Abhängigkeit der aktuellen Konfiguration. Das Problem der Synchronisation der an der Umkonfiguration beteiligten und nicht beteiligten Bereiche wird ebenfalls gelöst.

#### Beschreibung der Erfindung

##### Übersicht über die Erfindung, Abstrakt

Beschrieben wird ein Verfahren zum Umkonfigurieren von programmierbaren Bausteinen, bestehend aus einer zwei oder mehrdimensionalen Zellanordnung. Das Verfahren ermöglicht die Umkonfigurierung des Bausteins oder der Bausteine, ohne die Arbeitsfähigkeit, der nicht an der Umkonfigurierung beteiligten Zellen, einzuschränken. Das Verfahren ermöglicht das Laden von kompletten Konfigurationen oder von Teilkonfigurationen in den oder die programmierbaren Bausteine. Die Einzelheiten und besondere Ausgestaltungen, sowie Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Umkonfigurierens von programmierbaren Bausteinen, sind Gegenstand der Patentansprüche.

#### Detailbeschreibung der Erfindung

Das beschriebene Verfahren setzt einen programmierbaren Baustein voraus, welcher folgende Eigenschaften aufweist:

##### 1. Ladelogik

Die Ladelogik ist der Teil des Bausteins, welcher das Laden und Eintragen von Konfigurationsworten in die zu konfigurierenden Elemente des Bausteins (Zellen) durchführt.

##### 2. Zellen

Der Baustein besitzt eine Vielzahl an Zellen, welche einzeln durch die Ladelogik adressiert werden können.

##### 3. Rückmeldung Ladelogik

Jede Zelle oder Gruppe von Zellen muß der Ladelogik mitteilen können, ob sie umkonfiguriert werden kann.

##### 4. Rückmeldung Zellen

Jede Zelle muß die Möglichkeit haben, ein STOP Signal an die Zellen zu senden, von denen sie ihre zu verarbeitenden Daten erhält.

##### 5. START/STOP Kennung

Jede Zelle muß eine Möglichkeit besitzen, ein START/STOP Kennung einzustellen.

a. Die START Kennung zeichnet eine Zelle als den Beginn einer längeren Verarbeitungskette (Makro) aus.

b. Die STOP Kennung markiert das Ende des Makros, also den Punkt, an dem die Verarbeitung des Makros ein Ergebnis geliefert hat.

#### Aufbau eines Konfigurationswortes

Die Ladelogik ist eine Zustandsmaschine, welche Konfigurationsworte verarbeiten kann. Neben Konfigurationsworten für Zellen, existieren Einträge, welche durch die Ladelogik als Befehle erkannt werden können. Es ist also möglich zu unterscheiden ob der Inhalt des

Konfigurationswortes an eine Zelle zu übertragen ist oder einen Befehl für die Zustandsmaschine darstellt.

Ein Konfigurationswort, welches an Zellen des Bausteins übertragen wird, muß dabei mindestens folgende Daten enthalten:

1. Adresse der Zelle. Zum Beispiel als lineare Nummer oder als X,Y Koordinaten.
2. Konfigurationswort, welches in die Zelle übertragen wird. Kennungen und Befehle für die Ladelogik

Für eine korrekte Arbeitsweise der Ladelogik, muß diese nur zwei Befehlsworte erkennen können. Dies sind:

1. END

Dies ist ein Befehl, welche die Ladelogik in einen Zustand versetzt, in dem sie auf das Eintreffen von Ereignissen von Zellen, wartet. (Figur 2)

2. DISPATCH(Eintragsnummer, Adresse)

Die Ladelogik trägt in die Adresse, welche durch den Parameter Eintragsnummer angegeben wird, der Sprung-Tabelle den Wert des Parameters Adresse ein.

Weiterhin kann die Ladelogik einen Eintrag als Leer-Eintrag erkennen. Dies wird dadurch erreicht, daß ein bestimmtes Bit-Muster als Leer-Kennung definiert ist, welches durch die Ladelogik erkannt werden kann.

#### Die Sprung-Tabelle

Im Konfigurationsspeicher, existiert eine Sprung-Tabelle (0506). Die Größe der Sprung-Tabelle ist dabei so gewählt, daß für jede Zelle, welche von der Ladelogik adressiert werden kann, genau ein einziger Eintrag vorhanden ist. Zu jeder Zelladresse existiert genau ein einziger Eintrag in der Sprung-Tabelle, welcher durch die Ladelogik berechnet werden kann. (Figur 5 und 6)

In einem Eintrag der Sprung-Tabelle steht eine Speicheradresse (0601). Diese Speicheradresse gibt an, von wo weitere Konfigurationsdaten (0508), aus dem Konfigurationsspeicher, zu lesen sind, falls von dieser Zelle eine Rückmeldung an die Ladelogik erfolgt.

#### Start des Systems

Durch einen Reset, also dem Rücksetzen des Systems, beginnt die Ladelogik mit dem Empfangen oder Laden von Konfigurationsdaten, von einem Speicher, in den Konfigurationsspeicher (0101). Alle Zellen des Bausteines sind in dem Zustand, in dem sie konfiguriert werden können. Danach springt die Ladelogik, durch Laden des Programmzählers (PC) (0505), an eine Speicherstelle, welche die Adresse einer Startkonfiguration (0507) enthält (0102). Diese Startkonfiguration wird solange abgearbeitet, bis die Ladelogik eine END-Kennung erkennt (0103). Diese Startkonfiguration programmiert den Baustein derart, daß eine Verarbeitung von Daten beginnen kann. Nach dem Eintragen der Startkonfiguration, wechselt die Ladelogik, auf Grund der END-Kennung, in einen Zustand, in dem sie auf Ereignisse von den Zellen wartet (0104).

#### Eintreffen eines Ereignisses einer Zelle

Nach der Verarbeitung von Daten kann eine Zelle eine Rückmeldung an die Ladelogik senden. Diese Rückmeldung (Ereignis) zeigt an, daß die Zelle und damit das Makro in dem die Zelle enthalten ist, seine Arbeit beendet hat und das Umladen erfolgen kann.

Bevor allerdings mit dem Laden einer neuen Konfiguration begonnen wird, wird der nachfolgend beschriebene FIFO-Speicher (First-In-First-Out Speicher) abgearbeitet (0201).

Wichtig ist, daß der Speicher als FIFO-Speicher organisiert ist. Diese Organisation garantiert, daß Zellen die im ersten Versuch nicht umgeladen werden konnten, garantiert im zweiten Versuch als erste wieder an der Reihe sind. Dadurch wird verhindert, daß Zellen welche zwischenzeitlich signalisiert haben, daß sie umkonfiguriert werden können, ganz nach hinten in der Bearbeitung rutschen. In diesem Fall könnte ein Deadlock-Situation auftreten, in der das eine Makro erst umkonfiguriert werden kann, wenn ein anderes Makro umkonfiguriert wurde.

Durch die Rückmeldung an die Ladelogik, erhält die Ladelogik auch die Adresse oder Nummer der Zelle, welche die Rückmeldung ausgelöst hat. Mit Hilfe dieser Nummer, wird der passende Eintrag in der Sprung-Tabelle selektiert (0203, 0204). Die Adresse, welche in diesem Eintrag enthalten ist, gibt den Beginn der zu ladenden Konfiguration innerhalb des Konfigurationsspeichers an (0205).

#### FIFO-Speicher

Das Verfahren muß berücksichtigen, daß es sein kann, daß einige Zellen ihre Arbeit noch nicht beendet haben, diese Zellen jedoch schon umgeladen werden sollen. Alle Konfigurationsdaten der Zellen, bei denen eine solche Bedingung zu trifft, werden in einen speziellen Speicherbereich (FIFO-Speicher) kopiert (0506). Jedesmal, bevor eine neue Konfiguration geladen werden soll, wird der FIFO-Speicher durchlaufen. Da eine neue Konfiguration geladen werden soll, haben einige Zellen ihre Arbeit beendet und sind in den Zustand 'umkonfigurierbar' übergegangen. Unter diesen Zellen können sich auch solche befinden, bei denen eine Umkonfigurierung, durch die Ladelogik, in einem früheren Versuch gescheitert ist, da diese Zellen ihre Arbeit noch nicht beendet hatte, diese



Umkonfigurierung jetzt aber erfolgreich durchgeführt werden kann.

Die Ladelogik lädt den PC mit dem Inhalt des Registers, welches auf den Beginn des FIFO-Speicher zeigt (FIFO-Start-REG) (0502) und ließt die Daten aus dem FIFO-Speicher. Ein Vergleich stellt fest, ob das Ende des FIFO-Speichers erreicht wurde (0301). Ist dies der Fall, so wird an die Stelle in der Zustandsmaschine zurückgesprungen, an der die Umkonfigurierung fortläuft (0202).

Die Abarbeitung des FIFO-Speichers geschieht ähnlich dem einer Konfiguration innerhalb des Konfigurationsspeichers. Es kann der Fall eintreten, daß eine Zelle auch bei einem weiteren Versuch immer noch nicht umkonfiguriert werden kann. In diesem Fall werden die Konfigurationsdaten, falls eine leere Speicherstelle weiter vorne im FIFO-Speicher existiert, in diese Speicherstelle kopiert (0302).

Dieser Kopiervorgang wird dadurch erreicht, daß die Ladelogik die Startadresse des FIFO-Speichers im FIFO-Start-REG (0502) gespeichert hat und die Endadresse im FIFO-End-REG (0503). Weiterhin kennt die Ladelogik die Adresse des nächsten freien Eintrags (beginnend vom Anfang des FIFO-Speichers) mittels des FIFO-Free-Entry-REG (0504, 0303). Nachdem das Konfigurationswort in den freien Eintrag kopiert wurde (0304), positioniert die Ladelogik den Zeiger des FIFO-Free-Entry-REG auf den nächsten freien Eintrag (0305), innerhalb des FIFO-Speichers. Die Suche erfolgt dabei in Richtung des Endes des FIFO-Speichers. Danach wird der PC auf den nächsten Eintrag innerhalb des FIFO-Speichers gesetzt (0306).

#### Umladen von Zellen

Die Ladelogik liest nun die Konfigurationsdaten aus dem Konfigurationsspeicher. In diesen Daten ist die Adresse der Zelle enthalten, welche umgeladen werden soll (Figur 4). Jede

Zelle kann signalisieren, daß sie umgeladen werden kann. Die Ladelogik testet dies (0401). Kann die Zelle umgeladen werden, werden die Konfigurationsdaten von der Ladelogik an die Zelle übertragen.

Ist die Zelle noch nicht bereit, werden die durch die Ladelogik gelesenen Daten in einen Speicherbereich, den FIFO-Speicher, innerhalb des Konfigurationsspeichers geschrieben (0402). Die Adresse an welche die Daten geschrieben werden, ist in einem Register, innerhalb der Ladelogik, abgelegt (FIFO-End-Reg) (0503).

Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis die Ladelogik die END-Kennung des Konfigurationsprogramms erkennt und wieder in den Zustand übergeht, in dem die Ladelogik auf Ereignisse der Zellen wartet (0403).

#### Aufbau des Konfigurationsprogramms

Nachdem eine Zelle das Signal zum Umladen gegeben hat und das Makro, in dem die Zelle integriert ist, umgeladen wurde, entsteht eine neue Konfiguration. Die Zelle die vorher das Signal an die Ladelogik geben hat, kann jetzt eine ganz andere Aufgabe haben, insbesondere kann sie nicht mehr die Zelle sein, welche ein Umladesignal, an die Ladelogik abschickt. Wobei es möglich sein kann, daß in der neuen Konfiguration wieder die selbe Zelle das Umladesignal an die Ladelogik schickt.

Mittels des DISPATCH-Befehls, innerhalb des Konfigurationsprogramms, kann eine neue Adresse an die Eintragsposition der Zelle in der Sprung-Tabelle geschrieben werden (0604). Diese neue Adresse kann auf eine neue Konfiguration oder Teilkonfiguration zeigen, welche bei einer Rückmeldung von dieser Zelle geladen werden soll.

#### Kurzbeschreibung der Diagramme

Fig. 1 ist ein Ablaufplan der Schritte, die nach einem Systemstart durchzuführen sind.

Fig. 2 ist ein Ablaufplan der Schritte, die nach dem Eintreffen einer Umkonfigurierungsanforderung durchzuführen sind.

Fig. 3 ist ein Ablaufplan der Schritte, die bei der FIFO-Speicher Bearbeitung durchzuführen sind.

Fig. 4 ist ein Ablaufplan der Schritte, die bei der Konfigurierung der Zellen durchzuführen sind.

Fig. 5 zeigt die Ladelogik mit ihren Registern. Weiterhin ist der Konfigurationsspeicher sowie die Unterteilung in Sprung-Tabelle, Start-Konfiguration, weitere Konfigurationen und der FIFO-Speicher zu sehen.

Fig. 6 zeigt zwei Ausschnitte aus einem Konfigurationsprogramm und vier Ausschnitte aus der Sprung-Tabelle und wie diese in zeitlichem Zusammenhang stehen.

#### Detailbeschreibung der Diagramme

Figur 1 zeigt in einem Ablaufplan, welche Schritte nach einem Systemstart durchzuführen sind. Durch einen Vergleich mit der END-Kennung der Start-Konfiguration wird in den Wartezustand gesprungen (0104).

Figur 2 zeigt in einem Ablaufplan die notwendigen Schritte, welche während des Wartezustandes und, nach dem eine Umkonfigurierung durch eine Zelle signalisiert wurde, durchzuführen sind. Der Ablaufplan besitzt einen Einsprungspunkt (0202), der von anderer Stelle angesprungen wird.

Figur 3 zeigt in einem Ablaufplan, wie die Behandlung

des FIFO-Speichers durchzuführen ist. Weiterhin ist dargestellt, wie der Kopiervorgang innerhalb des FIFO-Speichers arbeitet.

Figur 4 zeigt in einem Ablaufplan, welche Schritte bei der Umkonfigurierung der Zellen notwendig sind und wie eine Konfiguration innerhalb des Konfigurierungsprogramms abgearbeitet wird.

Figur 5 stellt die Ladelogik und ihre Register dar. Die Ladelogik besitzt fünf verschiedene Register. Dies sind:

1. Das Start-Konfiguration-REG (0501). In diesem Register steht die Adresse der Startkonfiguration innerhalb des Konfigurationspeichers. Die Daten sind derart in dem Konfigurationsprogramm enthalten, daß sie von der Ladelogik erkannt und in das Start-Konfiguration-REG übernommen werden können.

2. Ein FIFO-Start-REG (0502). Das FIFO-Start-REG zeigt auf den Beginn des FIFO-Speicherbereichs, innerhalb des Konfigurationsspeichers.

3. Ein FIFO-End-REG (0503). Das FIFO-End-REG kennzeichnet das Ende des FIFO-Speichers. An diese Stelle werden die Konfigurationsworte kopiert, welche durch die Ladelogik nicht verarbeitet werden konnten.

4. Ein FIFO-Free-Entry-REG (0504). Das FIFO-Free-Entry-REG zeigt auf den freien Eintrag, der dem Beginn (FIFO-Start-REG) des FIFO-Speichers am nächsten ist. An diese Stelle werden die Konfigurationsworte kopiert, welche während des Durchlaufens des FIFO-Speichers, wiederum nicht durch die Ladelogik verarbeitet werden konnten.

5. Einen Programmzähler (PC). Der PC zeigt auf die Adresse, innerhalb des Konfigurationsspeichers, in dem das nächste, durch die Ladelogik zu verarbeitende, Konfigurationswort, steht.

6. Ein Adress-REG (0510). In diesem Register wird die Adresse einer zu adressierenden Zelle gespeichert.
7. Ein Data-REG (0511). Dieses Register speichert die Konfigurationsdaten, welche an die Zelle gesendet werden sollten, welche durch das Adress-REG angesprochen wird.
8. Ein Dispatch-REG (0512). Das Dispatch-REG speichert die Adresse des Eintrags in der Sprung-Tabelle, auf welchen die Ladelogik zugreift.

Weiterhin ist der Konfigurationsspeicher und sein verschiedenen Sektionen zu sehen. Dies sind:

1. Die Sprung-Tabelle (0506). Für jede Zelle, welche durch die Ladelogik konfigurierbar ist, existiert ein einziger Eintrag. In diesem Eintrag steht die Adresse, welche bei einer Signalisierung durch diese Zelle, in den PC geladen wird.
2. Eine Start-Konfiguration (0507). Die Start-Konfiguration ist jeden Konfiguration, welche nach dem starten des Systems in den Baustein geladen wird.
3. Weitere Konfigurationen (0508). Diese Konfigurationen können während der Laufzeit des Systems in den Baustein geladen werden. Die Konfigurationen bestehen aus Konfigurationswörtern und Ladelogik Befehlen.
4. Einen FIFO-Speicher Bereich (0509). Der FIFO-Speicher Bereich enthält alle die Konfigurationsworte, welche durch die Ladelogik in einem ersten Versuch nicht erfolgreich verarbeitet werden konnten.

Figur 6 zeigt zwei Ausschnitte aus einer Konfiguration. In diesen Ausschnitten sind die Befehle und Konfigurationsworte zu sehen, welche durch die Ladelogik, verarbeitet werden. Weiterhin sind zwei Ausschnitte aus der Sprung-Tabelle zu sehen (0601 und 0607) und der Zustand dieser Ausschnitte

(0602 und 0608) nach der Abarbeitung der beiden Konfigurationsausschnitte.

#### Ausführungsbeispiele

Es wird angenommen, daß ein Baustein oder mehrere Bausteine durch eine Ladelogik, wie in der Erfindung beschrieben, umkonfiguriert werden sollen. Weiterhin sei angenommen, daß das System bereits die Startkonfiguration geladen hat, und die Ladelogik sich im Zustand 'warten auf ein Ereignis' befindet. Die Ausführung beginnt mit dem Eintreffen eines Ereignisses von Zelle Nummer 41.

Die Ladelogik beginnt zuerst mit der Abarbeitung des FIFO-Speichers (0201). Dabei wird der Beginn des FIFO-Speichers aus dem Register FIFO-Start-REG in den PC übertragen. Die Daten an der Stelle, auf die der PC zeigt, werden gelesen. Nun wird überprüft, ob das Ende des FIFO-Speichers erreicht wurde. Dies ist in diesem Ausführungsbeispiel der Fall, da das System das erste Mal umgeladen wird.

Die Adresse der Zelle, welche das Signal ausgelöst hat, wird durch die Ladelogik in eine Adresse der Sprung-Tabelle umgerechnet. Diese berechnete Adresse wird in das Dispatch-REG geladen (0512). Die Ladelogik liest nun die Adresse aus der Sprung-Tabelle (0506), welche an der Speicheradresse gespeichert ist, die durch das Dispatch-REG adressiert wird (0601). Diese Adresse wird in den PC geladen.

Daraufhin beginnt die Verarbeitung der Konfigurationsworte (0603). Es sei angenommen, daß der Befehl Nummer 3 (1,3 MUL) nicht ausgeführt werden kann, da die Zelle mit der Adresse (1,3) nicht umkonfiguriert werden kann. Die Daten werden nun in den FIFO-Speicher kopiert. Mit Erreichen des DISPATCH-Befehls (0604) wird an die Adresse 41 in der Sprung-Tabelle, eine neue Adresse eingetragen (0602). Der END-Befehl versetzt

die Ladelogik wieder in den 'warten auf ein Ereignis' Zustand.

Nach einiger Zeit trifft nun wieder ein Signal von der Zelle 41 ein. Jetzt steht an der Adresse 42 der Sprung-Tabelle eine andere Adresse (0602). Die Ladelogik arbeitet wieder zuerst den FIFO Speicher ab. Nun befinden sich Daten in dem FIFO-Speicher.

Die Daten aus dem FIFO-Speicher werden gelesen und es wird versucht die adressierte Zelle mit den Daten zu laden. Da die Zelle jetzt umkonfiguriert werden kann, gelingt dies. Der Eintrag des FIFO Speichers wird daraufhin mit einer Leer-Kennung beschrieben.

Die ursprüngliche Verarbeitung wird fortgeführt und das Lesen von Konfigurationsdaten beginnt nun an einer unterschiedlichen Adresse (0605).

Diese Konfiguration wird abgearbeitet, der DISPATCH-Befehl schreibt diesmal eine Adresse in den Eintrag Nummer 12 der Sprung-Tabelle (0606). Danach versetzt der END-Befehl die Ladelogik wieder in den Zustand 'warten auf ein Ereignis'. Dieses Wechselspiel wiederholt sich während der gesamten Laufzeit des Systems.

### Begriffsdefinition

**konfigurierbares Element** Ein konfigurierbares Element stellt eine Einheit eines Logik-Bausteines dar, welche durch ein Konfigurationswort für eine spezielle Funktion eingestellt werden kann. Konfigurierbare Elemente sind somit, alle Arten von RAM-Zellen, Multiplexer, Arithmetische logische Einheiten, Register und alle Arten von interner und externer Vernetzungsbeschreibung etc.

**Konfigurieren** Einstellen der Funktion und Vernetzung eines konfigurierbaren Elements.

**Konfigurationsspeicher** Der Konfigurationsspeicher enthält ein oder mehrere Konfigurationsworte.

**Konfigurationswort** Ein Konfigurationswort besteht aus einer beliebig langen Bit-Reihe. Diese Bit-Reihe stellt eine gültige Einstellung für das zu konfigurierende Element dar, so das eine funktionsfähige Einheit entsteht.

**Ladelogik** Einheit zum Konfigurieren und Umkonfigurieren von programmierbaren Bausteinen. Ausgestaltet durch einen speziell an seine Aufgabe angepaßten Mikrokontroller oder eine Zustandsmaschine.

**Makro** Ein Makro ist eine Menge von Zellen, welche zusammen eine Aufgabe, Funktion etc. implementieren.)

**Umkonfigurieren** Neues Konfigurieren von einer beliebigen Menge von konfigurierbaren Elementen eines programmierbaren Bausteins während eine beliebige Restmenge von



konfigurierbaren Elementen ihre eigenen Funktionen fortsetzen (vgl. konfigurieren).

**Rückmeldung** Eine Rückmeldung ist eine Aktion, welche eine Zelle auslösen kann. Bei einer Rückmeldung können verschiedene Informationen an die Einheit gesandt werden, welche die Rückmeldung empfängt.

**Zelle** siehe konfigurierbares Element.

**Zustandsmaschine** Logik, die diversen Zuständen annehmen kann. Die Übergänge zwischen den Zuständen sind von verschiedenen Eingangsparametern abhängig. Diese Maschinen werden zur Steuerung komplexer Funktionen eingesetzt und entsprechen dem Stand der Technik

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Umkonfigurieren zur Laufzeit von programmierbaren Bausteinen, mit einer zwei oder mehrdimensionalen Zellanordnung (zum Beispiel FPGAs, DPGAs, DFPs o.ä.) dadurch gekennzeichnet,

- daß 1. eine Ladelogik oder mehrere Ladelogiken existieren, welche auf Signale, gleich welcher Art, reagieren und spezielle Ladelogik-Befehle, innerhalb eines Konfigurationsprogramms, bestehend aus Daten und Befehlen, erkennen und verarbeiten können, sowie auf Grund der Quelle eines Ereignisses einen Eintrag in einer Sprung-Tabelle berechnen können, und
- daß 2. eine oder mehrere Sprung-Tabellen zum Auffinden der Adresse der zu ladenden Konfigurationsdaten, welche berechnet wurde, existieren,
- daß 3. ein oder mehrere Konfigurations-Speicherbereiche existieren, in denen ein oder mehrere Konfigurationsprogramme geladen werden,
- daß 4. ein oder mehrere FIFO-Speicherbereiche existieren, in den Konfigurationsdaten kopiert werden, welche nicht an die oder das zu konfigurierende Element gesandt werden konnten,
- daß 5. ein Ereignis eintritt und auf Grund der Quelle des Ereignisses eine Adresse in einer Sprung-Tabelle berechnet wird,
- daß 6. ein FIFO-Speicherbereich, der vor jedem Umladen durchlaufen wird, und falls die Zelle nicht umgeladen werden kann, die Konfigurationsdaten näher an den Anfang des FIFO-Speicherbereichs kopiert werden, oder, falls die Zelle umgeladen werden kann, die Konfigurationsdaten an die Zelle übertragen werden,

daß 8. der berechnete Sprung-Tabellen Eintrag ausgelesen wird, und die Konfigurationsdaten, welche an der ausgelesenen Adresse gespeichert sind, in die Zellen geladen werden oder, falls die Zelle nicht umprogrammiert werden kann, in den FIFO-Speicherbereich kopiert werden,

daß 9. die Ladelogik in einen Zustand zurückspringt, in dem sie auf Ereignisse warten und auf diese reagieren kann.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Konfigurationspeicher eine oder mehrere Konfigurationen speichert, welche eine oder mehrere komplette Konfigurationen für einen oder mehrere Bausteine enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Konfigurationspeicher eine oder mehrere Teilkonfigurationen speichert, welche nur einen Teil einer kompletten Konfiguration, eines oder mehrerer Bausteine darstellt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein Start-Konfigurations Register enthält, welches auf eine Startkonfiguration zeigt, welche den oder die Bausteine in einen gültigen Zustand versetzt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein FIFO-Start Register enthält, welches auf den Beginn des speziellen Speicherbereichs zeigt, in den Konfigurationsdaten kopiert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

die Ladelogik ein FIFO-End Register enthält, welches auf das Ende des speziellen Speicherbereichs zeigt, in den Konfigurationsdaten kopiert werden.

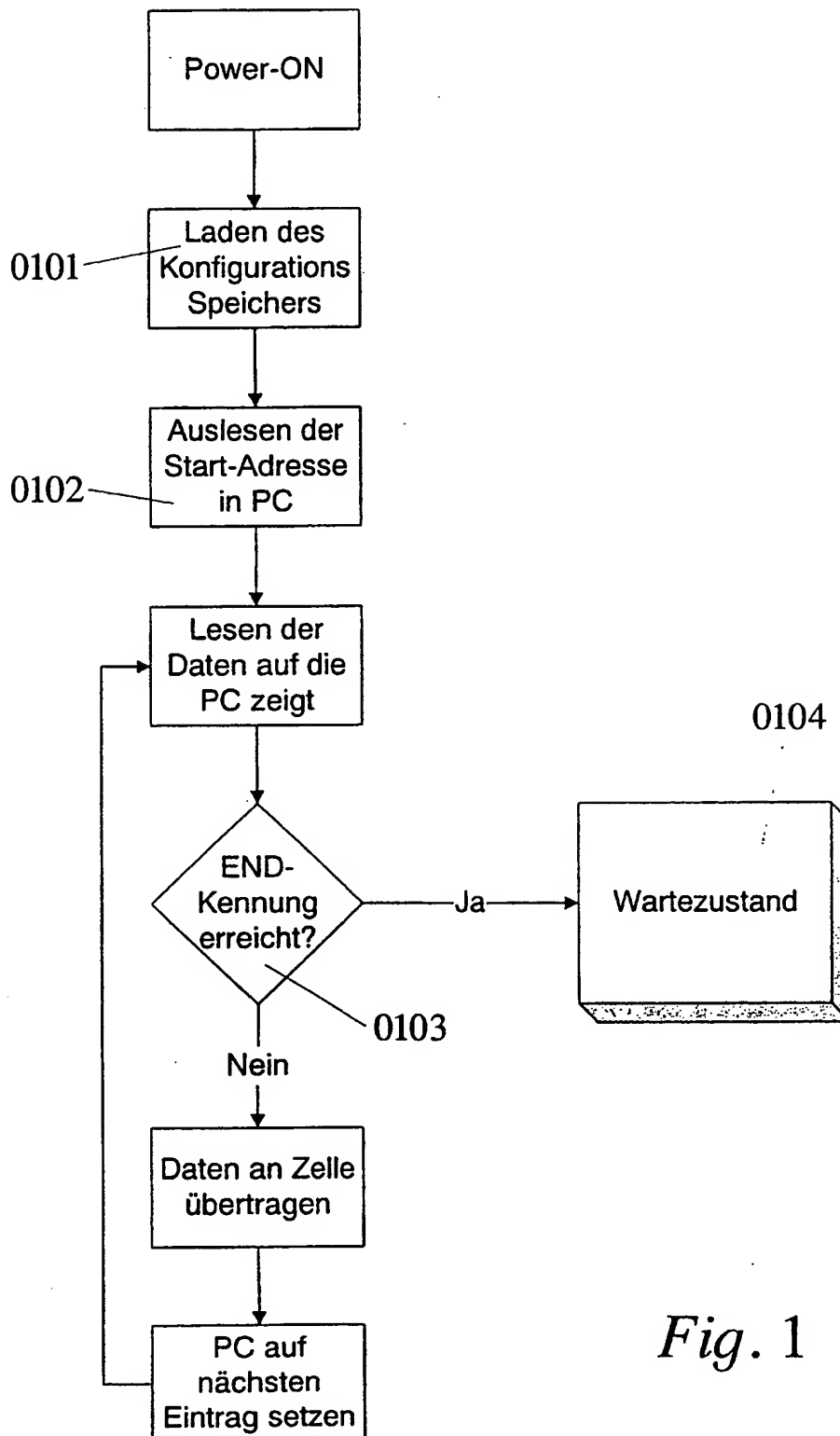
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein FIFO-Free-Entry Register enthält, welches auf den ersten freien Eintrag, des speziellen Speicherbereichs zeigt, in den Konfigurationsdaten kopiert werden, zeigt, der dem Beginn dieses Speicherbereichs am nächsten ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein Programmzähler Register enthält, welches auf den zu verarbeitenden Eintrag innerhalb des Konfigurationsspeichers zeigt.

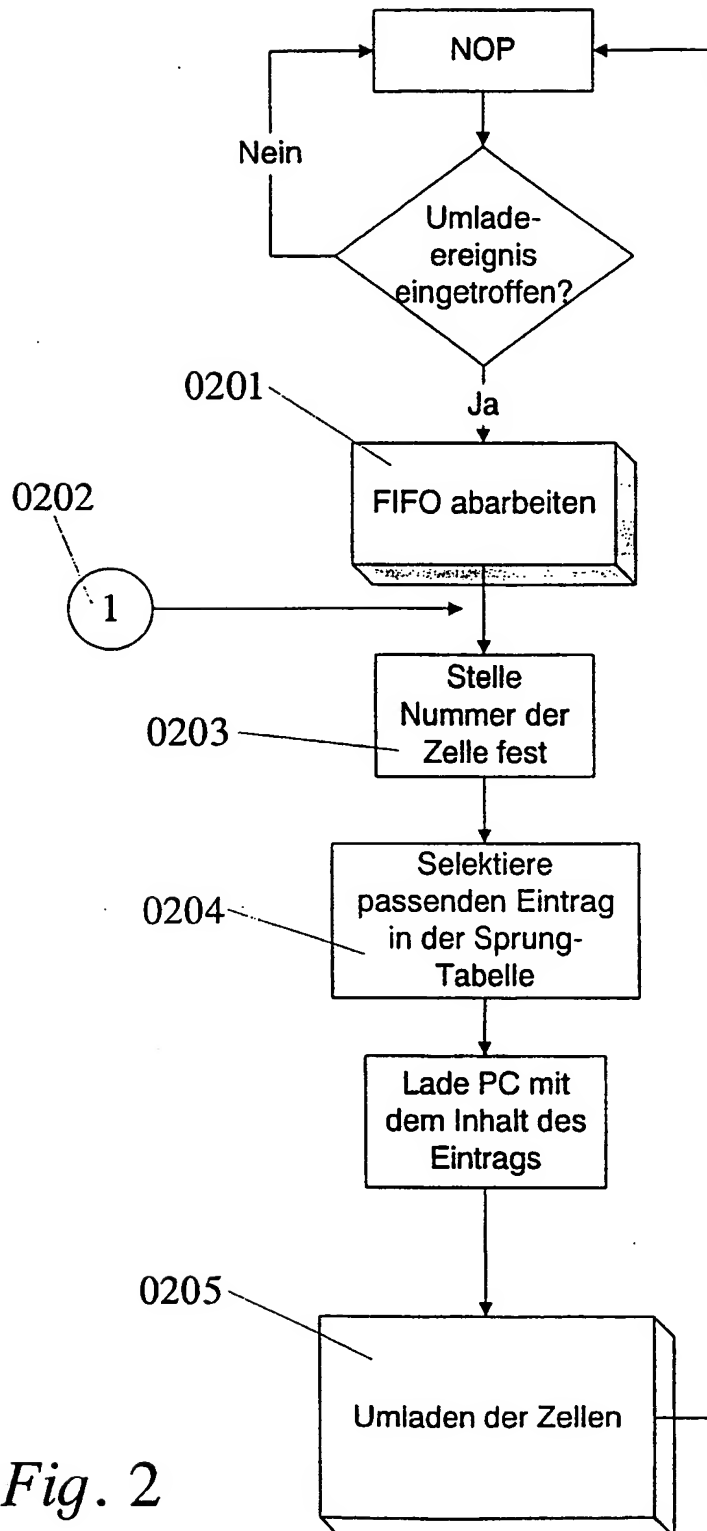
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein Adress Register enthält, welches die Adresse (Nummer, Koordianten etc.) der Zelle enthält, welche ein Ereignis ausgelöst hat.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein Data Register enthält, welches die Konfigurationsdaten der Zelle enthält, welche an die Zelle, bei einer Umkonfigurierung, übertragen werden.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein Dispatch Register enthält, welches die aus der Zell Adresse berechnete Adresse des Eintrags in der Sprung-Tabelle enthält.

*Fig. 1*

- 2 / 6 -

*Fig. 2*

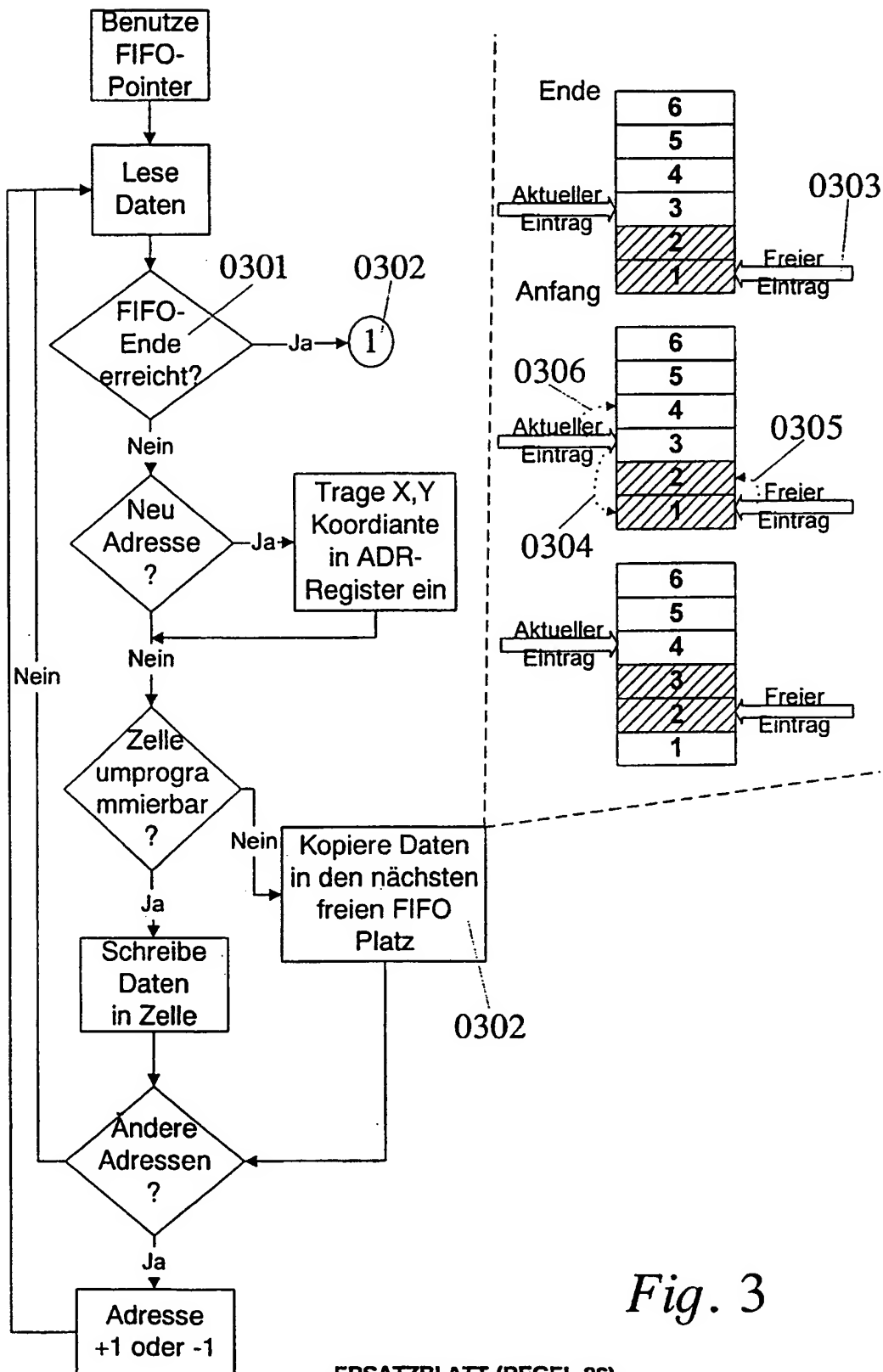
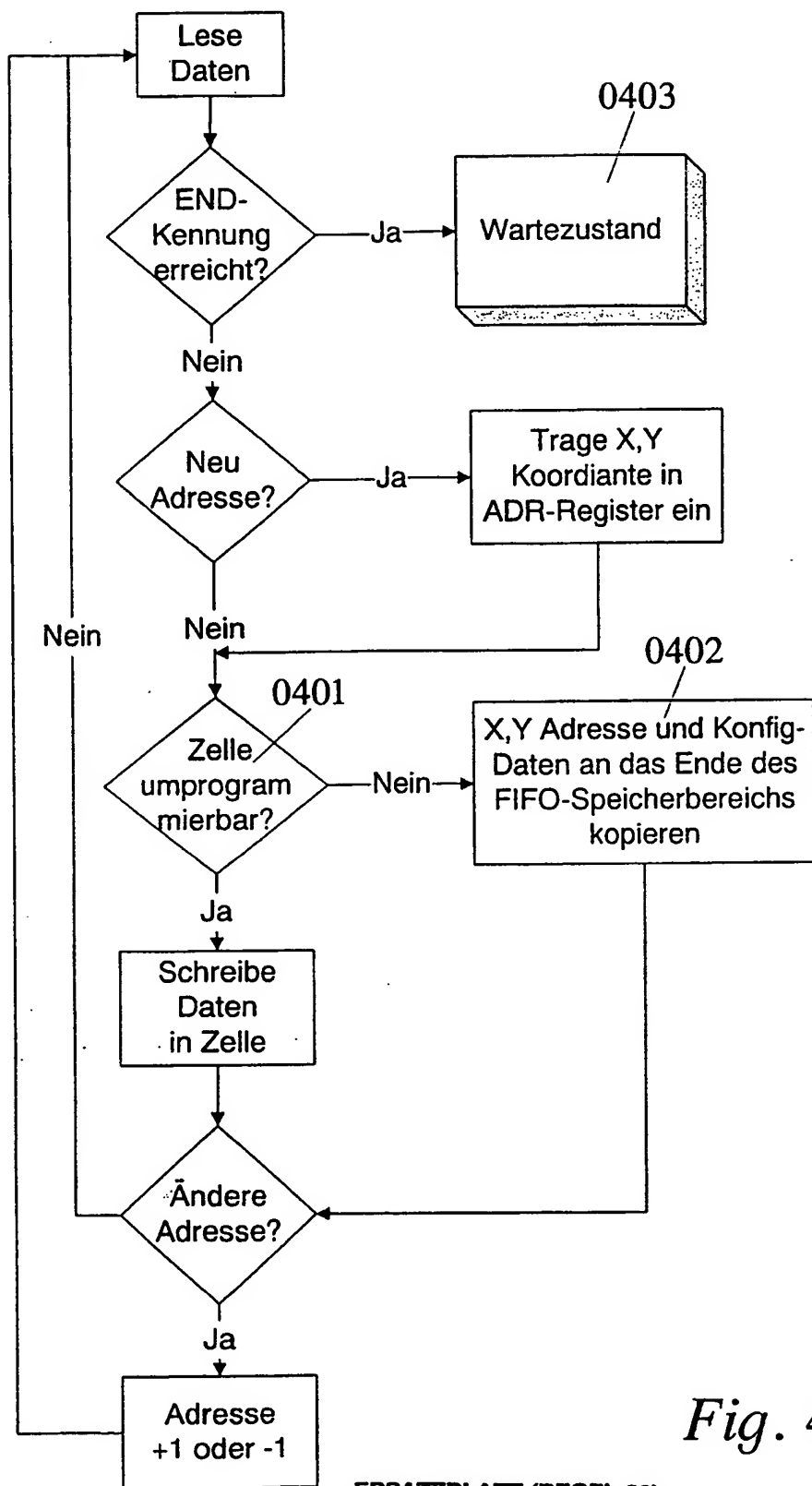
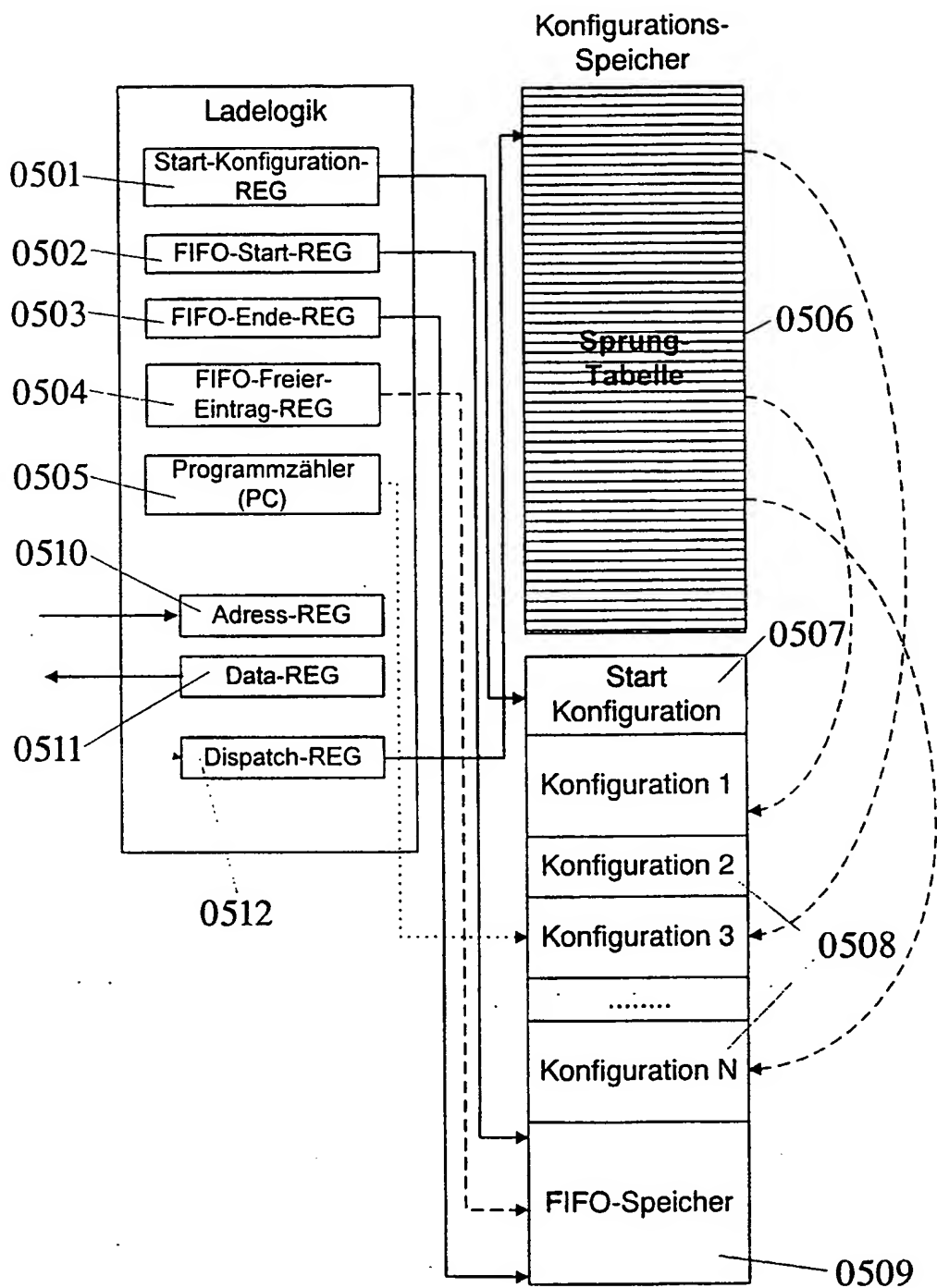


Fig. 3

*Fig. 4*



- 5 / 6 -

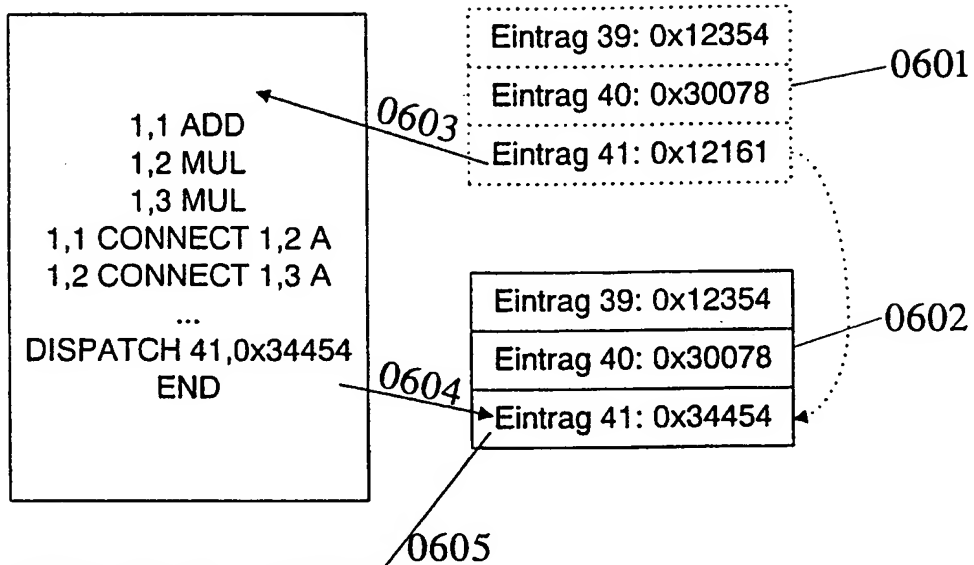
*Fig. 5*

- 6 / 6 -

Konfigurationsprogramm

Sprung-Tabelle

1. Befehl Adresse = 0x12161



1. Befehl Adresse = 0x34454

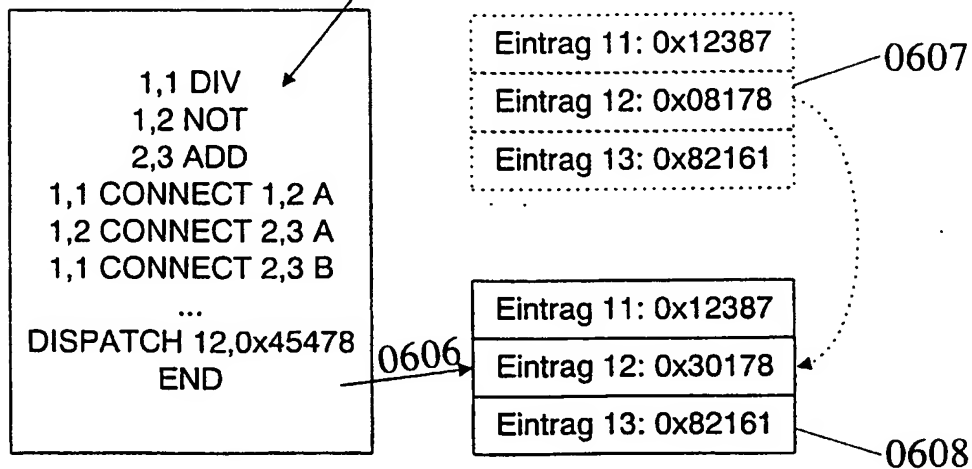


Fig. 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 97/02999

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 H03K19/177 G06F17/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H03K G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A          | EP 0 678 985 A (XILINX INC) 25 October 1995<br>see the whole document   | 1                     |
| A          | EP 0 748 051 A (IBM) 11 December 1996<br>see the whole document   | 1                     |
| A          | MAXFIELD C: "Logic that mutates while-u-wait"<br>EDN (EUR. ED.) (USA), EDN (EUROPEAN EDITION), 7 NOV. 1996, CAHNERS PUBLISHING, USA,<br>vol. 41, no. 23, ISSN 0012-7515,<br>pages 137-140, 142, XP002064224<br>see page 138, right-hand column, line 3 -<br>page 139, left-hand column, line 35;<br>figures 3,4 | 1                     |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 May 1998

Date of mailing of the international search report

28/05/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Michel, T

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat. Application No.

PCT/DE 97/02999

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A          | <p>SALEEBA M: "A self-contained dynamically reconfigurable processor architecture"<br/> SIXTEENTH AUSTRALIAN COMPUTER SCIENCE<br/> CONFERENCE. ACSC-16, BRISBANE, QLD.,<br/> AUSTRALIA, 3-5 FEB. 1993,<br/> vol. 15, no. 1, pt.A, ISSN 0157-3055,<br/> AUSTRALIAN COMPUTER SCIENCE<br/> COMMUNICATIONS, 1993, AUSTRALIA,<br/> pages 59-70, XP002064400<br/> see the whole document<br/> -----</p> | 1                     |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 97/02999

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)   | Publication<br>date  |
|---|---------------------|------------------------------|----------------------|
| EP 0678985 A                              | 25-10-95            | US 5426378 A<br>JP 8051356 A | 20-06-95<br>20-02-96 |
| EP 0748051 A                              | 11-12-96            | US 5646544 A<br>JP 8330945 A | 08-07-97<br>13-12-96 |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 97/02999

| <b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b><br>IPK 6 H03K19/177 G06F17/50  |  |  |
|---|--|--|
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK   |  |  |
| <b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b><br>Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)<br>IPK 6 H03K G06F   |  |  |
| Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen  |  |  |
| Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)   |  |  |
| <b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>  |  |  |
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr.   |
| A   | EP 0 678 985 A (XILINX INC) 25.Oktober 1995<br>siehe das ganze Dokument<br>---   | 1  |
| A   | EP 0 748 051 A (IBM) 11.Dezember 1996<br>siehe das ganze Dokument<br>---   | 1  |
| A   | MAXFIELD C: "Logic that mutates while-u-wait"<br>EDN (EUR. ED.) (USA), EDN (EUROPEAN EDITION), 7 NOV. 1996, CAHNERS PUBLISHING, USA,<br>Bd. 41, Nr. 23, ISSN 0012-7515,<br>Seiten 137-140, 142, XP002064224<br>siehe Seite 138, rechte Spalte, Zeile 3 -<br>Seite 139, linke Spalte, Zeile 35;<br>Abbildungen 3,4<br>---<br>-/-- | 1  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie  |  |  |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :<br>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)<br>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist<br>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist<br>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist<br>"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |  |  |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche<br><br>8.Mai 1998   |  | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts<br><br>28/05/1998 |
| Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,<br>Fax: (+31-70) 340-3016   |  | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br>Michel, T                       |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 97/02999

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | <p>SALEEBA M: "A self-contained dynamically reconfigurable processor architecture"<br/> SIXTEENTH AUSTRALIAN COMPUTER SCIENCE CONFERENCE. ACSC-16, BRISBANE, QLD., AUSTRALIA, 3-5 FEB. 1993,<br/> Bd. 15, Nr. 1, pt.A, ISSN 0157-3055, AUSTRALIAN COMPUTER SCIENCE COMMUNICATIONS, 1993, AUSTRALIA, Seiten 59-70, XP002064400<br/> siehe das ganze Dokument<br/> -----</p> | 1                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/02999

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 0678985 A                                       | 25-10-95                      | US 5426378 A                      | 20-06-95                      |
|  |                               | JP 8051356 A                      | 20-02-96                      |
| EP 0748051 A                                       | 11-12-96                      | US 5646544 A                      | 08-07-97                      |
|  |                               | JP 8330945 A                      | 13-12-96                      |